饲养密度对猪群健康和猪舍环境的影响

李　雪[1,2]　陈凤鸣[2]　熊　霞[1*]　吴　信[1]　刘　刚[1]　印遇龙[1,2*]

（1.中国科学院亚热带农业生态研究所，中国科学院亚热带农业生态过程重点实验室，长沙 410125；2.湖南农业大学动物科学技术学院，长沙 410128）

摘　要：随着养猪业集约化、工厂化的发展，为了方便管理和降低成本，实际生产中常常扩大饲养密度，导致猪生存空间和食物等不足，诱发猪心理和行为方式等的改变。此外，高饲养密度加大了猪舍内环境负担，使舍内有害气体含量增多，增加了呼吸道和消化道疾病发生的概率，严重影响着猪群的健康并制约猪生长性能的发挥。本文就饲养密度对猪群健康和猪舍环境的影响做一论述。

关键词：饲养密度；健康；环境；生长性能；猪舍

中图分类号：S828

有研究表明，猪生产中制约其生长性能发挥的因素中，只有 20%取决于品种，40%~50%取决于饲料和日常管理，20%~30%取决于生长环境[1]，由此看出，在品种和饲料管理一定的条件下，生长环境的适宜程度会很大程度地影响猪的健康和生长性能的发挥。生长环境指标包括饲养密度、温度、湿度、通风、光照、有害气体含量等[2]。

在实际生产中，为了节约空间常使用舍内圈栏饲养和定位饲养工艺，这种工艺模式下的饲养密度通常会过高[3]，从而使猪舍这个封闭的环境中许多指标异常，如：猪舍温度升高、细菌大量繁殖、通风效果减弱、有害气体蓄积等，使猪群免疫力降低，引发猪群消化道和呼吸道疾病，甚至出现有害气体中毒现象，严重时造成死亡[4]。此外，高饲养密度下的猪群因为活动空间不足、饲养环境恶劣、食物和饮水紧张、打斗争抢行为过多等问题[5]，出现心理、环境以及社交 3 方面的慢性应激反应，诱发猪生理机能和行为习惯发生改变，出现一些异常的行为方式（如咬尾、咬栅栏、空嚼、过度修饰等）[6]，引起采食量下降、免疫力降低、肉品质下降等问题[7]。本文主要就饲养密度对猪群健康以及猪舍环境的影响展开论述。

1　饲养密度对猪群健康的影响

饲养密度是指家畜在一定空间范围内的密集程度，通常以单位数量家畜占有生活空间面积或者一定面积的载畜量来表示[7]。饲养密度应在适宜的范围内，密度过小，一方面会降低圈舍利用率，造成圈舍资源浪费[8]；另一方面也会影响圈舍温度的保持，使畜禽维持净能增加，生产净能减少，从而影响增重[9]。并且有研究表明，圈舍饲养能在一定程度上刺激动物采食，采食量相比于单栏饲喂的畜禽有一定的增加[10]。而饲养密度过大，会增加畜禽间的相互影响，使个体采食量、采水量、生活空间不足，引发动物攻击行为和应激反应，同时也

收稿日期：2017-01-02

基金项目：国家重点研发项目（2016YFD0500504）

作者简介：李　雪（1992-）女，青海西宁人，硕士研究生，研究方向为单胃动物营养与饲料科学。E-mail: 741775564@qq.com

*通信作者：熊　霞，副研究员，E-mail: xx@isa.ac.cn；印遇龙，研究员，博士生导师，E-mail：yinyulong@isa.ac.cn

增加了畜舍环境的负担，使畜舍卫生条件下降，细菌病菌繁殖力增加，畜禽抵抗力降低，易诱发畜禽传染性疾病[11]。饲养密度的适宜范围会依据畜种和生长阶段的不同而不同，我国《标准化规模养猪场建设规范》（NY/T 1568-2007）列出了不同阶段猪的饲养密度，见表 1。

表 1　《标准化规模养猪场建设规范》对猪群饲养密度的规定

Table 1　Provisions of stocking density of swinery in *Construction Ceriterion for Standardized Intensive Pig Farm*[12]

猪类别 Category of pigs	建议每栏饲养数 Feeding advice of each column/头	每头占栏面积 The area of per pig/m²
种公猪 Boar	1	8.0~12.0
空怀及妊娠母猪（限位栏） Not pregnant and pregnant sow (limit column)	1	1.3~1.5
空怀及妊娠母猪（群饲） Not gestating and gestating sow (group feeding)	4~5	1.8~2.5
泌乳母猪 Lactating sow	1	3.8~4.2
后备母猪 Replacement gilt	5~7	1.8~2.0
保育猪 Nursery pig	8~12	0.3~0.4
生长猪 Growing pig	8~10	0.6~0.9
育肥猪 Fattening pig	8~10	0.8~1.2

1.1　饲养密度对猪采食规律的影响

掌握猪的采食规律，做到适量、适时的饲喂，对满足猪的生长发育的营养要求，并最大程度的节约饲料、提高饲料报酬至关重要。采食规律由采食时间、采食频率和采食量这 3 个要素决定[13]。猪群有 2 个采食高峰：06：00—08：00 和 15：00—18：00，采食时间可作为采食量大小的一个参考[14]。研究表明，随着饲养密度的增加，猪群的平均日采食时间会减少，采食高峰时间会出现偏差。采食频率因受采食时间的影响只能作为反映采食量的大小

的参考，试验表明，随着饲养密度的增加，猪群的平均日采食次数减少[15]。采食量可直观反映猪群的健康状况和生长性能，饲养密度从 0.44 头/m^2 增长到 0.56 头/m^2 时，日采食量显著减少，而当饲养密度低于 0.39 头/m^2 时，日采食量也会减少[16]。综合 3 个指标来看，当饲养密度高于一定范围后，采食时间、采食频率以及采食量都会有降低的趋势，表明饲养密度过高会影响猪群的生长性能。

1.2 饲养密度对生长性能的影响

猪群的饲养密度对猪的增重速率以及饲料报酬都有影响。当饲养密度过低，并且猪舍气温相对较低时，猪的维持净能增加，竞争性采食效果减少，从而导致饲料报酬率增加，增重速率减少[17]。当饲养密度过大时，采食的竞争过大，导致弱者采食量不足，影响增重效果。此外，高饲养密度所引起的应激反应会促进交感神经的活化，促进儿茶酚胺和糖皮质激素的释放，从而使机体的新陈代谢速度加快，严重影响猪的增重[18]；并且造成猪群内打斗增多、休息静卧时间减少、舍内环境污染严重等问题，使猪活动增多，应激和患病几率增加[19]。也有研究表明，随着高密度饲养规模下猪群打斗行为、心理和环境应激行为的增多，会使猪肉品质下降，这是因为应激反应会造成体内失水增多，使体内甲状腺素、肾上腺素和一些毒素的分泌增多[20]。

1.3 饲养密度对行为习惯的影响

猪是社会性很强的动物，群居性会给猪只带来好处，如：通过竞争性采食可以互相促进采食、增加安全感，减少因外界环境改变带来的应激、互相取暖等[21]，但是随着饲养密度的增大，群居性也会给猪群带来害处。当饲养密度过大，猪只往往会由于活动空间、采食空间等不足，使猪只本身的一些行为习惯受到抑制，如：修饰、散步、嬉戏以及与猪群其他成员间的社交活动等，并且还会因食物、空间等的不足，引发争斗行为[22]。除了这些心理、社交的应激，猪群的饲养密度过大还会很大程度地影响猪舍环境，引发猪对不良生活环境的应激，在这 3 方面的应激下，使猪只的生理机能、行为习惯和环境难以协调，从而出现咬栏、咬尾、空嚼、异食癖等行为来宣泄心理压力[23]。有研究表明，随着饲养密度的增大，猪群的咬斗频率会增大，站立时间会增多，而卧息时间会减少，如表 2 所示[24]。

表 2 饲养密度对猪行为的影响

Table 2 Effect of stocking density on behavior of pigs[24]

饲养密度 Stocking density/（头/m^2）	咬斗频率 Fight frequency		站立活动 Standing and activities		卧息 Resting	
	次/圈 Times/column	次/头 Times/head	时间 h Time/h	百分比 Percentage/%	时间 Time/h	百分比 Percentage/%
1.97	1.80	0.23	6.60	27.50	17.40	72.50
1.58	2.40	0.24	7.40	30.83	16.60	69.13

1.31	3.20	0.27	8.40	35.00	15.60	65.00

1.4　饲养密度对健康状况的影响

动物在应激状况下，下丘脑会释放促肾上腺皮质激素释放激素，促进垂体分泌肾上腺皮质激素（adrenal cortex hormone，ACTH），ACTH 再促进肾皮质分泌糖皮质激素，皮质醇是最主要的糖皮质激素[25]。研究表明，随着猪群的饲养密度增大，猪唾液的皮质醇含量增多，表明高的饲养密度会引发猪的应激反应，导致“应激性综合征”，使猪的免疫力下降，容易患病[26]。也有研究发现，密度过大使猪间接触挤压过多，挤压应激会增加猪胃溃疡的发病率[27]。随着饲养密度的增加，猪舍环境的负担加大，细菌很容易滋生，食物水源污染现象增多，粪尿发酵使有害气体增多。猪只在不洁净的饲养条件下，患病几率会增大[28]。

研究表明[29]，饲养密度对猪血清中有些指标也是有影响的，随着饲养密度的增加，猪血清中胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇的含量明显增加。这说明饲养密度可能会影响一些能量物质在体内的分布和沉积，从而影响机体健康状态。可能机制考虑为饲养密度不同使个体获得的生存空间存在差异，从而影响其总体运动量、行为表现以及心理应激程度，造成个体能量物质代谢的差异[30]。但是检测其他有关脂质代谢的指标，例如血清甘油三、3-羟基丁酸却没有明显差异，具体原因机理还不明确[31]。

另外，饲养密度过大所引起的打斗行为也会对猪只的健康造成威胁。如打斗时造成的皮肤伤口，增加了猪只皮肤感染的几率[32]。

1.5 饲养密度对机体氧化还原稳态的影响

高饲养密度下的猪处于环境、社交和心里三大应激状态下，有研究表明[33]，应激可引起氧化状态的改变，导致机体中活性氧增多，抗氧化剂减少。有试验检测不同饲养密度下猪的血浆蛋白质时发现，高饲养密度环境下猪血浆中的蛋白质羟基相比于低饲养密度下的更多的被氧化[6]。而羟基基团作为蛋白质氧化修饰的重要部分，是判定蛋白质氧化状态的标志[34]。从而说明，高饲养密度会加大动物的氧化应激水平，破坏机体氧化还原的稳态。另外随着血浆蛋白质氧化的增多，血浆中谷胱甘肽过氧化物酶的活性会代偿性的随之增强[35]。

1.6 饲养密度对繁殖性能的影响

对后备母猪而言，高密度的生长环境会增加生殖功能发育不全的概率[36]，主要原因考虑于高密度环境下带来的应激和生活资源的不平衡或者不足。另有研究表明，饲养密度还会影响母猪的产子数，在饲养密度较小的小群体中（每栏 6 头），母猪的平均产子数为 11 头，在相对密度较大的大群体中（每栏 10 头），母猪的平均产子数为 10 头[37]。

1.7 饲养密度对动物福利的影响

动物福利是指动物享有表达其天性、享有不受饥渴、不受伤害威胁和生活舒适的自由[38]。群居能够满足猪群居的天性，但是集约化生产中的高密度环境，极大限制了猪的活动空间，常常出现采食量、饮水量不足的现象，以及因争夺这些生活资源而出现的打架现象。

心理上也会因为生活空间小、饥渴、打架争斗等产生负担，从而使猪群处于生活不舒适、活动受限、应激严重的环境中，严重的降低了动物的福利水平[39]。

2 饲养密度对猪舍环境的影响

猪舍环境的洁净程度和舒适程度很大地影响着猪群的健康水平和生长性能，而饲养密度对猪舍环境的影响是多方面的，直接关系到猪舍的温度、湿度、通风、微生物以及有害气体浓度等[40]，下文将主要从温度、微生物以及有害气体 3 个主要方面论述饲养密度对猪舍环境的影响。

2.1 饲养密度对猪舍内温度的影响

适宜的舍内温度是所有动物生存生长的必要条件，除了温控设施外，饲养密度也能够影响舍内温度，不过饲养密度对猪舍温度的影响也应该考虑气候因素[41]。天气寒冷时，增加饲养密度有利于猪舍保温，反之，天气炎热时降低饲养密度，可以起到降低猪舍内局部温度、减少热应激的作用[42]。

2.2 饲养密度对猪舍内微生物的影响

猪舍内的微生物组成比较复杂，与猪群的健康密切相关，主要来源包括：猪呼吸、排泄、体表携带、饲料、垫料、舍外空气、其他生物或者饲养员带入等[43]。随着饲养密度的增加，舍内温湿度增大，通风效果受到影响，排泄物增多，会导致排泄物异常发酵产生异味及有害气体，导致细菌、病毒、真菌等有害微生物大量繁殖，污染食物和水源，使猪群患病几率增加[44]。有研究表明，曲霉菌广泛存在于自然界中，成熟后释放的孢子漂浮在空气中，易诱发猪群霉菌毒素中毒症[45]。此外，很多漂浮微生物易诱发猪群过敏反应，出现过敏性鼻炎、支气管炎等[46]。

2.3 饲养密度对猪舍内有害气体的影响

集约化密闭猪舍内的有害气体主要来源于猪的呼吸、排泄物以及一些有机物的分解，主要有氨气（ammonia，NH_3）、二氧化碳(carbon dioxide，CO_2)、一氧化碳(carbon monoxide，CO)和硫化氢(hydrogen sulfide，H_2S）[47]，有害气体富集会直接刺激猪呼吸系统，进入动物体内后易作用于机体造成中毒反应或降低机体免疫力，此外，也对饲养员的身体健康有一定的影响，严重时造成猪和人中毒身亡[48]。

2.3.1 猪舍内 CO_2 对猪群的影响

CO_2 主要来源于猪的呼吸，其本身并没有毒害作用，但是随着浓度的升高，就会造成猪缺氧，诱发 CO_2 慢性中毒，表现为：精神萎靡、采食量下降、生产力降低、抵抗力下降，并易感染疾病[49]。研究表明，环境洁净的猪舍中，CO_2 的浓度远小于环境相对肮脏的猪舍，这表明，CO_2 也是表示猪舍环境洁净程度的一重要指标，可以作为猪舍环境卫生评定的参考指标[50]。

2.3.2 猪舍内 CO 对猪群的影响

除了寒冷气候下需要生火取暖的情况下，燃料不完全燃烧产生 CO 外，一般猪舍中不会有 CO。猪 CO 中毒反应机理和人的一样，CO 与血红蛋白结合且生成物稳定，从而降低血红蛋白与氧气的结合和释放，从而使机体急性缺氧，造成机体呼吸、循环和神经功能障碍，严重时会导致死亡[51]。

2.3.3　猪舍内 H_2S 对猪群的影响

当猪采食蛋白质含量过高的饲料而导致消化代谢紊乱时，肠道就会排出 H_2S[52]。H_2S 密度比空气轻，有刺激性气味，是一种强神经性毒剂，主要是刺激黏膜系统，表现为畏光、流泪，常引发角膜炎、鼻炎、气管炎、肺水肿等疾病，经呼吸作用进入血液后，会使细胞色素氧化酶失活，而细胞色素氧化酶可参与血红素中的铁原子的氧化，从而导致组织缺氧[53]。低浓度的 H_2S 会降低猪的免疫力，容易诱发胃肠道疾病、心脏衰竭、植物性神经麻痹等症状。高浓度的 H_2S 会抑制猪的呼吸中枢，引起猪只窒息死亡[54]。研究表明，猪舍中的 H_2S 浓度应该低于 10 mg/m^3，H_2S 浓度过高会影响猪的采食量，出现神经质、呕吐等症状[55]。

2.3.4　猪舍内 NH_4 对猪群的影响

猪舍中 NH_4 气体来源于饲料腐败和猪的粪尿，主要以猪的粪尿来源为主[56]。NH_4 易溶于水，有刺激性气味，低浓度的 NH_4 会引起呼吸中枢的兴奋，并且 NH_4 可以与血红蛋白结合，从而降低了血红蛋白与氧气的结合，使机体出现缺氧症状。高浓度的 NH_4 一方面能够引起呼吸中枢的麻痹，还能够直接作用于机体组织，使组织出现溶解和坏死，从而出现心肌损伤等严重症状[57]。研究表明，NH_4 在猪舍中的的浓度与温度相关性大，温度升高，溶于水的 NH_4 易释放。猪舍中 NH_4 的浓度超过 38 mg/m^3，就会影响猪的增重，当超过 70 mg/m^3，就会诱发呼吸道疾病，达到 400 mg/m^3，就会引起呼吸中枢的麻痹，甚至死亡[58]。

3　小　结

饲养密度对猪群健康的影响体现在方方面面，合适的饲养密度不仅能为猪群的健康生长提供适宜的生活环境，还能有效地降低成本，减少因饲养密度不适宜而引起的猪群心理、生理以及行为习惯的应激，减少疾病发生的概率。然而饲养密度受品种、生长阶段以及气候的影响大，规定不同条件下的饲养密度对猪实际生产意义重大。

参考文献

[1] COLE D,TODD L,WING S.Concentrated swine feeding operations and public health:a review of occupational and community health effects[J].Environmental Health Perspectives,2000,108(8):685–699.

[2] 陈润生.猪生产学[M].北京:中国农业出版社,1995:48–49.

[3] MAES D G,DELUYKER H,VERDONCK M,et al.Non-infectious factors associated with macroscopic and microscopic lung lesions in slaughter pigs from farrow-to-finish herds[J].Veterinary Record,2001,148(2):41–46.

[4] 付娟林.猪的饲养密度与猪病防控[J].养猪,2011(1):47–48.

[5] THOMSEN L E,MEJER H,WENDT S,et al.The influence of stocking rate on transmission of helminth parasites in pigs on permanent pasture during two consecutive summers[J].Veterinary Parasitology,2001,99(2):129–146.
[6] WOLTER B F,ELLIS M,DEDECKER J M,et al.Effects of double stocking and weighing frequency on pig performance in wean-to-finish production systems[J].Journal of Animal Science,2002,80(6):1442–1450.
[7] BEAUCHAMP G.Group-size effects on vigilance:a search for mechanisms[J].Behavioural Processes,2003,63(3):111–121.
[8] HONEYMAN M S,HARMON J D.Performance of finishing pigs in hoop structures and confinement during winter and summer[J].Journal of Animal Science,2003,81(2):1663–1670.
[9] 周明,张永云,罗忠宝,等.饲养密度对猪行为表现和福利水平的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2015(3):93–95.
[10] BØE K E,BERG S,ANDERSEN I L.Resting behaviour and displacements in ewes-effects of reduced lying space and pen shape[J].Applied Animal Behaviour Science,2006,98(3/4):249–259.
[11] DEMMERS T G M,WATHES C M,RICHARDS P A,et al.A facility for controlled exposure of pigs to airborne dusts and gases[J].Biosystems Engineering,2003,84(2):217–230.
[12] 陈斌,黄奇庆.生长肥育猪的适宜饲养密度研究[J].江西畜牧兽医杂志,2000(1):10,15.
[13] 全国畜牧总站,农业部规划设计研究院.NY/T 1568—2007 标准化规模养猪场建设规范[S].北京:中国农业出版社,2008.
[14] 雷彬,宋忠旭,孙华,等.不同饲养密度下猪的采食规律研究[J].养猪,2015(5):47–48.
[15] 陈友慷,李治沦,潘其清,等.饲养密度对猪生产效果和行为的影响[J].家畜生态,1994,15(2):14–17.
[16] HYUN Y,ELLIS L M.Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in growing pigs[J].Journal of Animal Science,2001,79(4):803–810.
[17] SCHMOLKE S A,LI Y Z,GONYOU H W.Effects of group size on social behavior following regrouping of growing-finishing pigs[J].Applied Animal Behaviour Science,2004,88(1/2):27–38.
[18] KASWAN S,PATEL B H M,MONDAL S K,et al.Effect of reduced floor space allowances on performance of crossbred weaner barrows[J].Indian Journal of Animal Research,2015,49(2):241–247.
[19] THOMAS L L,GOODBAND R D,TOKACH M D,et al.Effects of stocking density on finishing pig growth performance[J].Journal of Animal Science,2016,94(Suppl.2):54.
[20] 杨伟.群体规模和玩具对猪福利和生产性能的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2009.
[21] 杨伟,时建忠,顾宪红.群体规模和地面空间占有量对猪的福利和生产性能的影响[J].中国畜牧兽医,2009,36(6):184–189.

[22] SCHMOLKE S A,LI Y Z,GONYOU H W.Effect of group size on performance of growing-finishing pigs[J].Journal of Animal Science,2003,81(4):874–878.

[23] WOLTER B F,ELLIS M,CURTIS S E,et al.Effect of group size on pig performance in a wean-to-finish production system[J].Journal of Animal Science,2001,79(5):1067–1073.

[24] DAMM B I,PEDERSEN L J,HEISKANEN T,et al.Long-stemmed straw as an additional nesting material in modified Schmid pens in a commercial breeding unit:effects on sow behaviour,and on piglet mortality and growt[J].Applied Animal Behaviour Science,2005,92(1/2):45–60.

[25] MCGLONE J J,NEWBY B E.Space requirements for finishing pigs in confinement:behavior and performance while group size and space vary[J].Applied Animal Behaviour Science,1994,39(3/4):331–338.

[26] SPOOLDER H A M,EDWARDS S A,CORNING S.Effects of group size and feeder space allowance on welfare in finishing pigs[J].Animal Science,1999,69(3):481–489.

[27] 殷宗俊,汪春乾,王自立,等.饲养密度对断奶仔猪生长和行为的影响[J].安徽农业大学学报,2000,27(1):79–81.

[28] 欧阳照华,杨永钦.不同饲养密度对育肥猪生产性能的影响[J].当代畜牧,2010(9):7.

[29] SHARMA P K,SAIKIA S,BARUAH K K.Effect of stocking density on growth performance and feed efficiency of Hampshire grower pigs reared under identical feeding and management[J].Indian Veterinary Journal,2004,81(3):299–301.

[30] WOLTER B F,ELLIS M,CORRIGAN B P,et al.Effect of restricted post-weaning growth resulting from reduced floor and feeder-trough space on pig growth performance to slaughter weight in a wean-to-finish production system[J].Journal of Animal Science,2003,81(5):836–842.

[31] SMITH L F,BEAULIEU A D,PATIENCE J F,et al.The impact of feeder adjustment and group size-floor space allowance on the performance of nursery pigs[J].Journal of Swine Health Produce,2004,12(3):111–118.

[32] WOLTER B F,ELLIS M,CURTIS S E,et al.Group size and floor-space allowance can affect weanling-pig performance[J].Journal of Animal Science,2000,78(8):2062–2067.

[33] WOLTER B F,ELLIS M,CORRIGAN B P,et al.Impact of early post weaning growth rate as affected by diet complexity and space allocation on subsequent growth performance of pigs in a wean-to-finish production system[J].Journal of Animal Science,2003,81(2):353–359.

[34] STEWART T S,DIEKMAN M A.Effect of birth and fraternal litter size and cross-fostering on growth and reproduction in swine[J].Journal of Animal Science,1989,67(3):635–640.

[35] VANHONACKER F,VERBEKE W,VAN POUCKE E,et al.Societal concern related to stocking density,pen size and group size in farm animal production[J].Livestock Science,2009,123(1):16–22.

[36] HAMILTON D N,ELLIS M,WOLTER B F,et al.The growth performance of the progeny of two swine sire lines reared under different floor space allowances[J].Journal of Animal Science,2003,81(4):1126–1135.

[37] COURBOULAY V.Effect of increasing the floor space allowance on performance,skin

lesions and behaviour of growing-finishing pigs[J].Journées de la Recherche Porcine,2005,37(5):465–470.

[38] TURNER S P,ALLCROFT D J,EDWARDS S A.Housing pigs in large social groups:a review of implications for performance and other economic traits[J].Livestock Production Science,2003,82(1):39–51.

[39] TURNER S P,HORGAN G W,EDWARDS S A.Effect of social group size on aggressive behaviour between unacquainted domestic pigs[J].Applied Animal Behaviour Science,2001,74(3):203–215.

[40] FU L L,LI H Z,LIANG T T,et al.Stocking density affects welfare indicators of growing pigs of different group sizes after regrouping[J].Applied Animal Behaviour Science,2016,174:42–50.

[41] BARNETT J L,HEMSWORTH P H,CRONIN G M,et al.A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing[J].Australian Journal of Agricultural Research,2001,52(3):1–28.

[42] TURNER S P,DAHLGREN M,AREY D S,et al.Effect of social group size and initial live weight on feeder space requirement of growing pigs given food *ad libitum*[J].Animal Science,2002,75(1):75–83.

[43] JÄÄSKELÄINEN T,KAUPPINEN T,VESALA K M,et al.Relationships between pig welfare,productivity and farmer disposition[J].Animal Welfare,2014,23(4):435–443.

[44] KERR C A,GILES L R,JONES M R,et al.Effects of grouping unfamiliar cohorts,high ambient temperature and stocking density on live performance of growing pigs[J].Journal of Animal Science,2005,83(4):908–915.

[45] MARCO-RAMELL A,PATO R,PEÑA R,et al.Identification of serum stress biomarkers in pigs housed at different stocking densities[J].The Veterinary Journal,2011,190(2):e66–e71.

[46] GREEN C F,SCARPINO P V,GIBBS S G,et al.Assessment and modeling of indoor fungal and bacterial bioaerosol concentrations[J].Aerobiologia,2003,19(3/4):159–169.

[47] KIM K U,KO H J,KIM H T,et al.Assessment of airborne bacteria and fungi in pig buildings in Korea[J].Biosystems Engineering,2008,99(4):565–572.

[48] 胡鸿惠,彭国良,南文金.猪舍空气病原微生物与环境通风的关系研究进展[J].安徽农业科学,2013,41(13):5755–5757,5760.

[49] ANDERSEN I L,BØE K E,HOVE K.Behavioural and physiolgical thermoregulation in groups of pregnant sows housed in a kennel system at low temperatures[J].Canadian Journal of Animal Science,2000,80(1):1–8.

[50] CHANG C W,CHUNG H,HUANG C F,et al.Exposure assessment to airborne endotoxin,dust,ammonia,hydrogen sulfide and carbon dioxide in open style swine houses[J].The Annals of Occupational Hygiene,2001,45(6):457–465.

[51] HÄUSSERMANN A,HARTUNG E,JUNGBLUTH T.Environmental effects of pig house ventilation controlled by animal activity and CO_2 indoor concentration[M].Uppsala,Sweden:ECPL,2005.

[52] 叶章颖,魏晓明,张国强,等.冬季猪舍粪便贮存过程中 CO_2 排放特征[J].农业工程学报,2011,27(5):264–269.

[53] WANG X J,PAN H J,GU J,et al.Effects of oxytetracycline on archaeal community,and tetracycline resistance genes in anaerobic co-digestion of pig manure and wheat straw[J].Environmental Technology,2016,37(24):3177–3185.

[54] 俞守华,董绍娴,区晶莹.猪舍有害气体 NH_3、H_2S 的电子鼻定量识别[J].农业工程学报,2009,25(7):153–157.

[55] 刘希颖,赵越,赵永.封闭猪舍中硫化氢气体浓度变化的研究[J].中国饲料,2004(17):21–22,31.

[56] 段淇斌,冯强,姬永莲,等.生物发酵床对育肥猪舍氨气和硫化氢浓度季节动态的影响[J].甘肃农业大学学报,2011,46(3):13–15.

[57] 李新建,吕刚,任广志.影响猪场氨气排放的因素及控制措施[J].家畜生态学报,2012,33(1):86–93.

[58] 刘凤华.家畜环境卫生学[M].北京:中国农业大学出版社,2004:100–103.

Effects of Stocking Density on Piggery's Health and Environment in Pig House

LI Xue[1,2] CHEN Fengming[2] XIONG Xia[1] WU Xin[1] LIU Gang[1] YIN Yulong[1,2*]

(1. *Subtropical Agriculture Ecological Engineering Key Laboratory*, *Chinese Academy of Sciences Institute of Subtropical Agriculture*, *Chinese Academy of Sciences*, *Changsha* 410125, *China*; 2. *College of Animal Science and Technology*, *Hunan Agricultural University*, *Changsha* 410128, *China*)

Abstract: With factory and intensive development of swine industry, in order to convenient management and cost reduction , the feeding craft with high stocking density has been often used, which leads to a shortage of living space and food, inducing many changes in behavior and psychology of pigs at same time. On the other hand, the high stocking density can increase the environmental burden, such as the contents of noxious gases and the occurrence of respiratory and digestive tract diseases. All the problems have impacted on health and restricted the growth performance of pigs. The present paper reviewed the effects of the stocking density on piggery's health and environment in the pig house.

Key words: stocking density; health; environment; growth performance; piggery

---

*Corresponding authors: XIONG Xia, associate professor, E-mail: xiongxia@isa.ac.cn; YIN Yulong, professor, E-mail: yinyulong@isa.ac.cn
(责任编辑 武海龙)